

AL-QAṬARA
XLI 1, enero-junio 2020
pp. 219-254

ISSN 0211-3589

<https://doi.org/10.3989/alqantara.2020.007>

La versión simple del instrumento *al-sarrājiyya*: comentarios textuales y técnicos*

The Simple Version of the *sarrājiyya* Instrument: Textual and Technical Remarks

Roser Puig

Universidad de Barcelona

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4235-5198>

Existen dos versiones del instrumento astronómico conocido como *al-sarrājiyya* (siglo XIV). El artículo estudia la versión simple a partir de la edición y la traducción del manuscrito Cairo, *Dār al-kutub, miqāt*, 291, analiza cómo y cuándo se recomienda su uso y comenta su relación con la azafea *šakkāziyya* del astrónomo andalusí Azarquiel (siglo XI).

Palabras clave: astronomía medieval; astrolabios; instrumentos universales; Azarquiel; azafea *šakkāziyya*; Ibn al-Sarrāj; siglo XIV.

There are two versions of the *sarrājiyya* instrument (fourteenth-century). This paper studies the simple version, editing and translating the manuscript Cairo, *Dār al-kutub, miqāt*, 291, and analyzes how and when its use is recommended as well as its relationship with the *šakkāziyya* plate of the Andalusian astronomer al-Zarqālī (Azarquiel) (eleventh-century).

Key words: medieval astronomy; astrolabes; universal instruments; Azarquiel; *šakkāziyya* plate; Ibn al-Sarrāj; fourteenth-century.

1. Introducción

Los instrumentos astronómicos constituyen un interesante capítulo de la historia de la astronomía medieval. En primer lugar, porque son la herramienta de la que se sirve el astrónomo para llevar a cabo observaciones y cálculos. En segundo lugar, y no menos importante, por

* Este trabajo forma parte de los proyectos FFI2017-88569-P *Ciencia y sociedad en el Mediterráneo occidental: el Calendario de Córdoba y sus tradiciones* (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Agencia Estatal de Investigación) y 2017SGR1787 (AGAUR) del grupo de investigación «Islamolatina. Textos, traduccions i controvèrsies a la Mediterrània medieval i moderna».

la cantidad de conocimientos no específicamente astronómicos que integra su diseño, a saber: teóricos (las matemáticas y la geometría subyacentes), técnicos (los materiales usados en su construcción y el modo de tratarlos, que dan idea del estado de las capacidades tecnológicas de la época) y artísticos (detalles ornamentales, incluidos los caligráficos, que pueden contribuir a su localización geográfica y temporal).

De todos los instrumentos conocidos basados en proyecciones planas de la esfera celeste es hegemónico el astrolabio (*asturlāb*) de proyección estereográfica polar, el cual, y no obstante, a partir de determinado momento comparte espacio con los instrumentos universales. El primero está dotado de múltiples láminas de coordenadas horizontales, cada una para una latitud concreta, y los segundos se reducen a una única lámina válida para cualquier horizonte o latitud (*li-ŷamīʿ al-afāq / al-ʿurūd*); de ahí que en árabe sean denominados “la lámina” (*al-ṣafīha*, de donde azafea) o «instrumento (*āla*) de horizontes», enfatizando la principal característica morfológica que los diferencia del astrolabio.

La idea de universalidad aparece en oriente simultáneamente al astrolabio convencional cuando se le añade una lámina de horizontes para distintas latitudes. En esta línea, las soluciones más antiguas remontan a Habaš al-Ḥāsib (Bagdad, ca. 850) que escribió un tratado hoy perdido sobre la lámina de horizontes (*ṣafīha āfāqiyya*) para ser usada con una red de astrolabio¹. También al-Siŷzī (ca. 975) describió una lámina de horizontes en un tratado que está sin estudiar y que merece atención². Ambos astrónomos fueron mencionados por al-Bīrūnī, el gran polígrafo del siglo XI, en algunas de cuyas obras como el *Kitāb fī istiʿāb*

¹ Habaš habría sido, además, autor de un tratado sobre la construcción de una lámina universal con la que determinar la hora a partir de las coordenadas de algunas estrellas, véase Charette y Schmidl, “A universal plate for timekeeping by the stars”, pp. 107-130.

² Se trata del MS 9255 de la Biblioteca Nacional de Damasco, titulado *Kitāb al-ʿamal bi-l-ṣafīha al-āfāqiyya*, sobre el uso de la lámina de horizontes. King lo atribuye al astrónomo al-Siŷzī en su artículo “On the early history of the universal astrolabe in Islamic astronomy, and the origin of the term *shakkāziyya* in medieval scientific Arabic”, p. 255, n.23. También Juri en su catálogo de los manuscritos de la biblioteca, *Fihrist majtūʿāt Dār al-Kutub al-Žāhiriyya: ʿilm al-hayʿa wa-mulḥaqātu-hu*, pp. 210-211. Ahora bien, en una catalogación posterior del mismo fondo bibliográfico, *Fihrist majtūʿāt Dār al-Kutub al-Žāhiriyya: al-ʿulūm wa-l-funūn al-muʿtaliʿa ʿinda al-ʿarab*, Sabbag lo atribuye a Aḥmad al-Sanʿārī (m. 1084), pp. 184-185. Una inspección ocular del manuscrito avala esta segunda atribución.

*al-wu'yūh al-mumkina fī šan 'at al-ašturlāb*³ y, especialmente, el *Kitāb tastīh al-šuwār wa-tabṭīj al-kuwar*⁴ aparecen innovaciones propias que formaran parte de la configuración de algunos de los instrumentos universales de factura andalusí⁵.

Los instrumentos universales aparecerán en Toledo a lo largo del siglo XI en paralelo al desarrollo del astrolabio clásico en al-Andalus. Desde aquí se extenderán a Europa y al Norte de África y, en una variante de lo que el profesor García Ballester denominaba en los años 80 del siglo pasado «reflujo de la escolástica», serán reintroducidos en el oriente islámico a través del Cairo mameluco en pleno siglo XIII, llegando a Alepo y Damasco en la centuria siguiente y a Samarcanda y a la India en los siglos XV y XVII, respectivamente⁶.

A su paso por Egipto y Siria, los astrónomos y *muwaqqits* Ŷamāl al-Dīn al-Māridīnī e Ibn Ṭībugā escribirán, a finales del siglo XIV, sendos tratados sobre cuadrantes universales derivados de la azafea andalusí⁷. Apenas unas decenas de años antes Ibn al-Sarrāy habría diseñado el instrumento del que trata el artículo, que ha mantenido abiertas hasta hoy serias incógnitas.

³ De las numerosas copias en circulación de este texto, he utilizado el manuscrito Tunis, BN, *Aḥmadiyya*, 13081/1 (antiguo fondo *al-Zaytūna*, 5540), de la Biblioteca Nacional de Túnez. Existe una edición crítica de Jawādī Husaynī publicada en 2001, a partir de tres manuscritos: ms A de la Biblioteca Majles-e Showrā-ye Eslāmī (Teheran); ms B de la Biblioteca Ayā Sofiā (Istanbul), consultado en microfilm en Teheran; y manuscrito C de la Madrasa al-Šahīd al-Motahhari, antigua Mezquita Sepahsālār (Teheran).

⁴ Estudiado por Berggren en “Al-Bīrūnī on plane maps of the sphere”.

⁵ Es el caso, por ejemplo, de la proyección ortográfica de la azafea de Azarquiel, véase Puig, “On the Eastern sources of Ibn al-Zarqālluh’s orthographic projection”.

⁶ Existe un debate sin cerrar, por falta de apoyo documental concluyente, sobre la cronología de la aparición de los instrumentos universales andalusíes y sobre la autoría de la proyección que comparten. La última aportación a dicho debate puede verse en Aguiar, “Un regalo para un futuro rey: la azafea ofrecida por el astrónomo Ibn al-Zarqālluh (Azarquiel) al niño al-Muṭamid”. En cuanto a la difusión y a la circulación de los mismos, véase Puig, “On the transmission of some andalusian contributions in the field of astronomical instrumentation to eastern islam”.

⁷ La azafea, que existe en dos variantes, es un instrumento en el que la proyección estereográfica polar estándar del astrolabio ha sido substituida por una doble proyección estereográfica meridiana de la esfera celeste en la que se ha superpuesto la mitad de la esfera proyectada desde Aries, tras un giro previo de 180°, sobre la mitad de la esfera proyectada desde Libra. El resultado es un instrumento sin red en cuya única lámina están representados simultáneamente los tres sistemas de coordenadas: ecuatoriales (completas); eclípticas (más o menos completas según la variante de azafea), con una selección de estrellas grabadas sobre la lámina; y horizontales (reducidas a una regla que pivota sobre la lámina

2. La *sarrāḡiyya*: versiones y contexto

El instrumento astronómico conocido como *sarrāḡiyya* fue inventado a principios del siglo XIV por Šihāb al-Dīn Aḥmad Ibn Abī Bakr, de cuyo *laqab*, Ibn al-Sarrāḡ, procede la denominación del instrumento⁸. Existe en dos versiones: una simple, objeto del presente artículo, y una ampliada⁹. En la versión simple consta de una sola lámina y una red móvil (*šabaka*). Por las características de la lámina, cabe considerarlo una derivación oriental de las azafeas *zarqāliyya*¹⁰

y que representa cualquier horizonte oblicuo con la graduación correspondiente a las divisiones de los azimuts). Representa la esfera en su totalidad y, dado que las propiedades de la proyección hacen que los círculos máximos estén representados por diámetros de la circunferencia que limita el plano de proyección, es muy fácil realizar y visualizar los cambios de un sistema a otro de coordenadas, ya sea aplicando un giro de 23;30° para pasar de ecuatoriales a eclípticas, o un giro de 90°-φ, para pasar de ecuatoriales a horizontales: cualquier punto sobre la lámina se transporta a la regla-horizonte y se le aplica el giro correspondiente.

Sobre el cuadrante de Ibn Ṭibugā véase Samsó y Català, “Un instrumento astronómico de raigambre *zarqālī*: el cuadrante *shakkāzī* de Ibn Ṭibugā” y Samsó, “Una hipótesis sobre cálculo por aproximación con el cuadrante *shakkāzī*”. Sobre el cuadrante de al-Māridīnī, véase King, “An analog computer for solving problems of spherical astronomy: the *shakkāziyya* quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī”. La construcción de estos cuadrantes, así como la de las azafeas andalusíes, está descrita en el tratado, redactado hacia 1330, atribuido a Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī (activo en La Meca en 1323) editado, traducido y comentado por Charette en *Mathematical instrumentation in fourteenth-century Egypt and Syria. The illustrated treatise of Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī*.

⁸ Ibn al-Sarrāḡ es conocido, principalmente, por la invención de un cierto número de cuadrantes astronómicos, algunos de los cuales aparecen en el tratado de Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī, mencionado en la nota anterior. Cabe señalar, no obstante, que ni Ibn al-Sarrāḡ ni la *sarrāḡiyya* figuran entre los instrumentos cuya construcción describe al-Miṣrī. Este hecho enigmático favoreció que durante algunos años Ibn al-Sarrāḡ fuera considerado por King el autor de dicho tratado. La autoría de Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī ha sido argumentada por Charette en *Mathematical instrumentation*, pp. 28-31.

⁹ Fue el profesor David A. King quien por primera vez dio noticia de la existencia de ambas versiones en una comunicación en el “Second International Symposium for the History of Arabic Science”, que tuvo lugar en Alepo en 1979. El texto revisado de dicha comunicación fue publicado en King, “The astronomical instruments of Ibn al-Sarrāḡ: a brief survey”. El estudio de la versión ampliada del instrumento sigue pendiente de publicación por parte de King y Charette conjuntamente.

¹⁰ Véase Puig, *Los tratados de construcción y uso de la azafea de Azarquiel* y “El *Taqbīl ʿalā Risālat al-ṣafīha al-zarqāliyya* de Ibn al-Bannāʾ de Marrākuṣ”. Sobre la proyección ortográfica del dorso de esta variante de azafea véase Puig, “La proyección ortográfica en el Libro de la aṣafeha alfonsí” y “La proyección ortográfica en los instrumentos astronómicos: del Oriente islámico a la Europa del renacimiento”. Otros aspectos concretos del dorso han sido objeto de estudio en Puig, “Al-Zarqālluh’s graphical method for finding lunar distances” y “Una aportación andalusí a la difusión del cuadrante de senos”.

y *šakkāziyya*¹¹ (Fig. 1) inventadas en el siglo XI por el astrónomo andalusí Azarquiel¹²; especialmente de la variante *šakkāziyya*¹³ en la

¹¹ Sobre la azafea *šakkāziyya*, véase Puig, “Concerning the *šafiḥa šakkāziyya*” y *Al-Šakkāziyya. Ibn al-Naqqāš al-Zarqālluh. Edición, traducción y estudio*. La existencia de una azafea *šakkāziyya* como versión reducida de la *zarqāliyya* ya fue señalada en el siglo XIII por el astrónomo Abū l-Ḥasan ‘Alī al-Marrākūšī (activo en El Cairo en 1280) en su obra *Yāmi al-mabādī wa-l-gayāt fī ‘ilm al-miqāt*; obra en la que incluye la descripción y un tratado en ciento treinta capítulos sobre el uso de la *zarqāliyya*, véase Puig, “La saphea (*šafiḥa*) d’al-Zarqālī dans le *Kitāb Djāmi’ al-mabādī’ wa-l-ghayāt fī ‘ilm al-miqāt* d’Abū l-Ḥasan ‘Alī al-Marrākūshī”. También el matemático y astrónomo Ibn al-Bannā’ de Marrakech (m. 1321) redactó un tratado breve sobre el uso de la azafea *šakkāziyya*, estudiado por Emilia Calvo, “La *Risālat al-šafiḥa al-mushṭaraka alā al-shakkāziyya* d’Ibn al-Bannā’ de Marrākūshī”.

¹² Sobre las múltiples aportaciones de este astrónomo véase Samsó, *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus* y una biografía breve en Puig, “Zarqālī”. Las fuentes árabes son escasas en noticias biográficas. Su nombre completo era Ibrāhīm ibn Yaḥyā al-Naqqāš conocido por la *shuḥra* Ibn al-Zarqālluh y por la *kunyā* Abū Ishāq. Las ediciones de Šā id al-Andalusī (m. 1070) (Bu ‘Alwan, *Ṭabaqāt al-umam*, p.180) e Ibn al-Qifṭī (m. 1248) (*Ajbār al-ḥukamā’*, p. 42) se refieren a él como *w.l.d al-z.rqyāl*, forma inusual de donde procede la forma culta Ibn al-Zarqālluh. Precisamente basándose en Šā id, el profesor John North subrayó en los años 90 del siglo XX que debería incluirse el *Ibn* delante de la forma en uso al-Zarqālluh, siendo aceptado sin reservas por la comunidad académica internacional. La historiografía clásica (Millàs, *Estudios sobre Azarquiel*, pp. 15-17) recoge en fuentes andalusíes las denominaciones al-Zarqāl, al-Zarqellu, o al-Zarqel (por *imāla* de /ā/) de donde procedería la forma latinizada Azarquiel (con diptongación de /e/). Además, relaciona este sobrenombre con la raíz árabe *zarq* (cuyo sentido es el de «persona cuyo color tiende al rubio o cuyos ojos son azules») a la que se le ha añadido el sufijo romance /-el/, de marcado sentido diminutivo-despectivo. La mezcla de una base árabe y un sufijo romance morfematizado es un fenómeno lingüístico atestiguado en el árabe andalusí (Corriente, *Árabe andalusí y lenguas romances*, pp. 125 y ss.) por lo que la propuesta de Millàs tenía pleno sentido desde el punto de vista filológico. En las fuentes orientales las denominaciones son: al-Zarqāl y al-Zarqālī, la más frecuente, junto a una deformada al-Zarqānī; casi siempre prescindiendo del *w.l.d* / Ibn. Ante la escasez de noticias biográficas, ya señalada, y la extrañeza que sigue produciendo aún hoy en el mundo académico arabófono el nombre, que se siente como algo ajeno en cualquiera de las variantes, me pregunto si no estará relacionado con *azərwal* (tonalidad de azul en tamazight y conservado Azeroual como apellido en el Norte de África). De manera que su sobrenombre coloquial podría haber sido *wuld az-zərwal*, indicando un posible origen bereber y ojos azules, al menos de su padre. Una última hipótesis sería la lectura *wıld* (< *wālid*, padre), por *imāla* intensa y cambio al archifonema /l/, tempranamente identificado como rasgo antiguo en el árabe andalusí (Corriente, *Árabe andalusí y lenguas romances*, p.38); si bien esta lectura nos alejaría demasiado de lo que la historiografía ha dado por bueno hasta hoy.

¹³ *Šakkāziyya* derivaría del sobrenombre al-Šakkāz, «el correero», cuya identificación con el sobrenombre de Azarquiel al-Naqqāš, «el grabador <sobre cuero>», es más que plausible. Al-Šakkāz ya había sido relacionado con un barrio de Toledo, el de los *šakkāzīn*, por Samsó en “À propos de quelques manuscrits astronomiques des bibliothèques de Tunis: contribution à une étude de l’astrolabe dans l’Espagne musulmane”, p. 187. González Palencia, en *Los mozárabes de Toledo en los siglos XII y XIII*, identifica al-Šakkāz con el

que el propio Ibn al-Sarrāy afirma haberse inspirado¹⁴.

Por el hecho de incorporar la red, la *sarrāyīyya* ha sido considerada una reinvención de la *lámina universal* del también andalusí 'Alī b. Jalaf¹⁵, haciendo caso omiso de la vinculación clara y explícita que es-

apellido mozárabe Assacar / Assacaz presente en hasta diecisiete documentos notariales (documentos no. 152, 323, 327, 370, 536, 543, 568, 589, 600, 615, 645, 698, 701, 962, 1035, 1046 y 1098). El profesor Federico Corriente, en respuesta a una consulta, apuntaba hace algunos años que el origen de *al-šakkāz* era «el étimo griego *skytos* que habría pasado supuestamente al arameo **/uskuts(a)/* y de ahí al árabe */uškuzz/* cuyo sentido en el *Lisān* [de Ibn Manẓūr] es: tipo de cuero blanco con que se sujeta la silla de montar»; y proponía la hipótesis de que */aššakkāz/* «fuera precisamente el apellido familiar en dialecto de Azarquiel y que, siendo una voz sentida como extranjera, hubiera sido arabizado en */annaqqāš/*, que lo traduce muy aproximadamente». La onomástica andalusí conserva otros indicios de que nombres propios un tanto dialectales fueron arreglados para darles una forma más clásica. Piénsese, por ejemplo, en la dinastía reinante en la Taifa de Toledo, cuyo nombre Banū Dī-l-Nūn ya era una arabización del bereber Zennūn.

De esta manera, *šakkāz* o su forma culta *naqqāš* e incluso *sarrāy*, «el talabartero» (persona que tiene por oficio hacer talabartes y otras correas y objetos de cuero) serían todos ellos oficios vinculados a la artesanía de los guarnicioneros, cuya habilidad consistiría en trabajar artículos de cuero o guarniciones para caballerías. Cabría añadirles uno más: *sakkāy*, «el marroquino». Curiosamente existe un tratado anónimo sobre la *šakkāziyya* titulado *al-Sakkāziyya* (King, “On the early history”, p.252) que nos conducirá hasta Túnez en cuya medina habría existido desde el siglo XIII un Sūq al-Sekkajine, nombre que derivaría de la raíz árabe «*chakaza* [sic], garnir de cuir brodé un bâti en bois pour selle» (Pellegri, *Le vieux Tunis: les noms de rue de la ville arabe*, p. 85). Todavía hoy existe un muy venido a menos Sūq al-Sekkajine, erigido a principios del siglo XVIII cerca de Bāb al-Manāra por Husayn Bey Ali, que ha sido compartido a lo largo de los siglos XIX-XX por guarnicioneros (*sarrāyīn*) y marroquinos (*sakkāyīn*), corporaciones de artesanos del cuero que han llegado a *con*-fundirse en la historia económica contemporánea de Túnez (Louis, “Sellerie d'apparat et selliers de Tunis”, p.43). Agradezco estas últimas referencias a mi colega Abdelhakim Slama Gafsi del Instituto Nacional del Patrimonio de Túnez.

¹⁴ Parte de la historiografía publicada en las últimas décadas se ha resistido a considerar la *šakkāziyya* como una variante de azafea y ha utilizado el término *šakkāziyya* para referirse prioritariamente a la parrilla de líneas resultante de la proyección trazada en los instrumentos universales andalusíes, véase King, “Shakkāziyya”, pp. 251-253, y Charette, *Mathematical instrumentation*, p. 104.

¹⁵ Sobre este personaje, véase Puig, “Ibn Jalaf al-Šaydalānī” e “Ibn Khalaf”. Un 'Alī b. Jalaf al-Šaydalānī, «el farmacólogo», aparece mencionado junto a Azarquiel entre los astrónomos toledanos del círculo de Šā'id al-Andalusī (Bu 'Alwan, *Ṭabaqāt*, p. 179) y King lo identifica con un Abū (propone canviar a Ibn) l-Šayyār, «el padre (o el hijo) del botánico», que aparece mencionado en el colofón de la copia MS 962 del Escorial del tratado de la *zarqāliyya* (King, “On the early history”, pp. 248-252), basándose en la proximidad semántica entre *šaydalānī* y *šayyār*.

'Alī b. Jalaf inventó una lámina universal que añade una red móvil sobre la misma proyección descrita para las azafeas. A diferencia de estas, sin embargo, la faz del instrumento muestra una única parrilla de coordenadas identificadas como eclípticas y que pue-

tablece Ibn al-Sarrāy con la *šakkāziyya* y obviando que la red de la *sarrāyiyya* y la red de la *lámina universal* son completamente distintas (Fig. 1). También se ha relacionado la red de la *sarrāyiyya* con el *circulus mobilis* que el astrónomo Jean de Lignères adaptó a la azafea *šakkāziyya* a principios del siglo XIV¹⁶, aproximadamente en la misma época en la que Ibn al-Sarrāy diseñó su nuevo instrumento.

Como ya se ha dicho, existen dos tratados sobre la *sarrāyiyya*, ambos por publicar. Uno breve y uno extenso que corresponden, respectivamente, a la versión simple y a la versión ampliada. En el tratado sobre la versión simple, que se edita y se comenta en el presente estu-

den ser utilizadas también como horizontales. La red está dividida en dos mitades. Una de ellas presenta media proyección de coordenadas ecuatoriales (conteniendo los dos polos de la proyección), mientras que la otra mitad indica las estrellas fijas posicionadas de acuerdo a la proyección meridiana y con los nombres inscritos en garfios semejantes a los de la araña (*ankabūt*) del astrolabio. La *lámina universal*, a diferencia de las azafeas, no representa nunca de manera completa y simultánea los tres sistemas de coordenadas, debido al doble valor (eclíptico u horizontal) de las coordenadas de la faz.

No se conserva ningún ejemplar de *lámina universal*. Únicamente es conocida por la versión castellana alfonsí de los *Libros del Saber de Astronomía* (Rico y Sinobas) de la que no se conserva original árabe. Una descripción pormenorizada y comentada de la red del instrumento puede verse en Calvo-Puig, “The universal plate revisited”, pp. 132-139. Calvo plantea una evolución del instrumento en “La lámina universal de ‘Alī b. Jalaf (s.XI) en la versión alfonsí y su evolución en instrumentos posteriores”. La misma autora ha publicado, recientemente, un estudio sobre algunas dificultades lingüísticas que ofrece el texto alfonsí en “Some features of the old castilian Alfonsine translation of ‘Alī Ibn Khalaf’s treatise on the *lámina universal*”.

¹⁶ Jean de Lignères añadió a la azafea *šakkāziyya* una pieza móvil llamada *circulus mobilis* que sustituía la regla-horizonte de la azafea. El *circulus mobilis* se compone de un semicírculo externo graduado y de la proyección estereográfica polar meridional de la parte septentrional del zodiaco, graduada de Aries a Virgo, utilizada igualmente para la representación de la parte meridional del zodiaco de los signos, de Libra a Piscis, representada por una proyección estereográfica septentrional girada 180° y abatida, a lo largo del diámetro horizontal, sobre la proyección de la otra mitad (resultando la mitad de una eclíptica *āsī*). El diámetro que subtiende la proyección del zodiaco está graduado y cumple el papel de la regla-horizonte cuando el instrumento se usa como azafea. En efecto, de Lignères consigue un instrumento híbrido que utiliza alternativamente las líneas de la proyección como azafea o bien como lámina de horizontes de un astrolabio, en este segundo caso considerando que el círculo exterior representa el ecuador de una proyección polar y que la eclíptica del círculo móvil desempeña el mismo papel que la araña sobre un astrolabio estándar. Respecto al uso de la azafea *šakkāziyya*, en primer lugar, la eclíptica del *circulus mobilis* facilita el cálculo del ascendente, que en la azafea requiere un modo de proceder particular, algo distinto del resto de casos. En segundo lugar, la presencia opcional de una regleta graduada, que se puede fijar determinando un ángulo cualquiera con el diámetro regla-horizonte, puede ayudar en el cálculo del ángulo horario, véase Poulle, “Un instrument astronomique dans l’occident latin, la *saphea*”.

dio, Ibn al-Sarrāy explica el porqué de la invención, cuáles son las características del instrumento y cómo utilizarlo¹⁷. El tratado sobre la versión ampliada fue redactado por el astrónomo y *muwaqqit* cairota ‘Izz al-Dīn ibn Muḥammad al-Wafā’ī (m. 1471) quien describe un ejemplar del que habría sido dueño, firmado Ibn al-Sarrāy, y que actualmente se conserva en el Museo Benaki de Atenas¹⁸.

3. Ibn al-Sarrāy. Algunos datos biográficos

Los datos sobre Ibn al-Sarrāy son escasos. Se puede afirmar que estaba activo en 1328-29 por la fecha que aparece en el dorso del astrolabio del Benaki, pero se desconoce la fecha de su nacimiento y de su muerte. Charette ofrece una aproximación biobibliográfica de la que extraigo algunos de los datos biográficos que siguen¹⁹.

Su nombre completo era Šihāb al-Dīn Abū l-‘Abbās Aḥmad ibn Abī Bakr ibn ‘Alī ibn al-Sarrāy al-Qalānisī al-Ḥalabī (natural de Alepo) o al-Ḥamawī (natural de Hama) según algunas fuentes. Debido al *laqab* al-Qalānisī, Charette piensa que podría haber estudiado en la Dār al-Ḥadīth, *jānqa*, al-Qalānisiyya en Damasco, fundada por el historiador Abū Ya‘lā Ḥamza ibn al-Qalānisī (m. 1160).

Según el especialista en instrumentos astronómicos del siglo XIV Ibn al-Gazūlī, Ibn al-Sarrāy habría vivido y fallecido en Alepo, aunque al parecer una referencia le sitúa intercambiando correspondencia desde

¹⁷ El texto consta sólo de tres páginas, en las que el copista, que permanece en el anonimato, parece haber copiado un texto autógrafo de Ibn al-Sarrāy. Agradezco al profesor King que me proporcionara copia de dicho manuscrito para su edición.

¹⁸ ‘Izz al-Dīn ibn Muḥammad al-Wafā’ī fue *muwaqqit* en la mezquita de al-Mu‘ayyad en El Cairo hacia el año 1450. El instrumento del Benaki, firmado por Ibn al-Sarrāy, está fechado en el 729 de la hégira / 1328-29 JC y está dedicado a Muḥammad al-Tanūjī. Alrededor del borde del instrumento aparecen inscritos los nombres de cuatro propietarios del mismo: al-Wafā’ī (1439) y tres más, Muḥammad ibn Abī l-Faṭḥ al-Šufī (1373-1374), también *muwaqqit*, ‘Alī Abū Bakr al-Kaššāb (1856) y Aḥmad al-Rištī (1866) (véase Viguera (coord.) *Ibn Jaldūn. El mediterráneo en el siglo XIV. Auge y declive de los imperios*, p. 60). En el Museo Benaki formó parte de una colección específica de cobres, entre otros objetos de arte islámico, que habían sido propiedad de Antonis Benakis, miembro de una prominente familia de Alejandría y exiliado en Grecia, en cuya capital Atenas fundó el museo en 1930. Véase también Combe, “Cinq cuivres musulmans datés XIII, XIV et XV^e siècles de la collection Benaki”.

¹⁹ Véase Charette, *Mathematical instrumentation*, pp. 14-16.

El Cairo con Ibn al-Šāṭir en Damasco por lo que se podría suponer que residió algún tiempo en aquella ciudad.

Consta como copista de tratados sobre matemáticas y como poseedor de diversas obras sobre dicha materia. También consta como autor, en 1347, de un tratado de problemas geométricos del que se conserva el manuscrito autógrafo.

Su contribución a los instrumentos astronómicos es recogida en extenso por Ibn al-‘Aṭṭār al-Bakrī en su *Kašf al-qinā‘ fī rasm al-arbā*²⁰, redactado en 1426. Este tratado describe la construcción y las características de 25 instrumentos, la mayoría cuadrantes, inventados por Ibn al-Sarrāy y por los astrónomos, también sirios, al-Gazūlī e Ibn al-Šāṭir. Entre los instrumentos cuya invención Ibn al-‘Aṭṭār atribuye específicamente a Ibn al-Sarrāj se encuentran: dos cuadrantes, el *musattar* y el *muḡannah*; el semicírculo, llamado *al-ḡayb al-gā‘ib*; y un cuadrante de senos, el *ḡayb al-awtār*. También le atribuye un astrolabio estándar al que habría añadido “cinco láminas (*tímpanos*), cada una para cuatro latitudes en ambos lados” (fol.73a)²¹, y el astrolabio *al-muḡnī*, “el satisfactorio, que no necesita de láminas” (fol.75b), descrito como una lámina de *šakkāziyya* con una red dividida en dos mitades: en una, «la mitad <de las coordenadas> de una lámina de *šakkāziyya* y en la otra mitad estrellas, a la manera de la araña del astrolabio, más una eclíptica en la que cada signo está con su opuesto». Esto es, la *sarrāyīyya* en versión simple.

4. El tratado Cairo, *mīqāt*, 291 sobre el instrumento *al-sarrāyīyya*

El MS Cairo, *Dār al-kutub*, *mīqāt*, 291 es un texto breve, sin figuras, de tres páginas, a las que me referiré como fols. 1r, 1v y 2r (de 21, 22 y 21 líneas por página, respectivamente). El preámbulo tras la *bas-mala* atribuye el tratado (*qāla* ...) a Aḥmad b. Abī Bakr b. ‘Alī ibn al-Sarrāy y, por la redacción en primera persona, podría tratarse de una

²⁰ He consultado una copia del tratado conservada en el MS misceláneo (*maḡmu‘*) 3094 de la Biblioteca Nacional Al-Asad de Damasco, fols. 55v – 78v. Véase una descripción del contenido en Puig, “Three astronomical treatises on the *ṣafīha* of the andalusian astronomer Ibn al-Zarqālluh (d. 1100) at the Al-Asad National Library in Damascus”.

²¹ Según F. Charette cada una de esas láminas está dividida en cuatro cuadrantes *musattar*, cada uno para una latitud distinta (Charette, *Mathematical instrumentation*, p. 86).

copia anónima de un autógrafo. En este preámbulo Ibn al-Sarrāy se presenta como inventor del instrumento al que da nombre en la línea 10 del folio 1r. El título del tratado aparece al final del manuscrito en letras de mayor tamaño. No hay fecha que sitúe la redacción original ni la copia, a excepción de los datos que aporta la siguiente nota que aparece en el margen izquierdo del fol. 1r:

اعلم أنّ هذه الآلة التي ذكرها هو الاسطرلاب المغني وذكر أن استنبطه وليس ذلك بصحيح
لأنه كان بعد السبع مائة من الهجرة نحو ستين سنة ورأيت هذه الآلة وضع شخص يسمى
أبو بكر وضعها بمدينة مراكش من الأندلس في سنة خمس مائة أربع وثمانين للهجرة وبينهما
نحو مائة وسبعين سنة هذا أخلف والله تعالى أعلم.

cuya interpretación podría ser:

Sabe que el instrumento que menciona es el astrolabio *al-mugnī* y que declara que él lo inventó, pero no es cierto, ya que ello <i.e. la invención> tuvo lugar hacia el 760 de la hégira <c. 1358 JC> y yo he visto este instrumento construido por alguien llamado Abū Bakr en la ciudad de Marrakech de al-Andalus en el año 584 de la hégira <c. 1188 JC>; existiendo entre ambos una diferencia aproximada de 170 años.

De la nota se desprenden algunos datos de cierta relevancia para la datación de la copia. En primer lugar, identifica el instrumento descrito con el astrolabio *al-mugnī*, denominación que no aparece en el manuscrito, pero que hemos visto que utiliza Ibn al-ʿAṭṭār en su tratado de instrumentos. En segundo lugar, sitúa la invención de Ibn al-Sarrāy con precisión en 1358, esto es 30 años después de la fecha inscrita en el instrumento del Benaki, aunque afirma que el instrumento ya había sido inventado 170 años antes en Marrakech por un instrumentista llamado Abū Bakr²². Por lo tanto, si la copia fuera de la misma mano que la nota, algo que ciertamente parece plausible a partir del análisis de la caligrafía, podríamos suponer que se trata de una copia como mínimo posterior al año 1358.

²² Podría tratarse del célebre astrolabista Abū Bakr ibn Yūsuf, *fl.* Marrakech, (véase Mayer, *Islamic astrolabists*, pp.32-33), aunque los seis astrolabios que se le conocen son estándar y más tardíos, fechados entre el 1208-9 y 1218. Otra posibilidad, con mayor sentido técnico, aunque igualmente tardía, sería la figura de Muḥammad ibn Fattūḥ al-Jamāʿirī, astrolabista de época almohade que trabajó en Sevilla y también en Marrakech (Hernández, *Astrolabios en al-Andalus*, p.72) y que fue constructor de una docena de astrolabios y dos azafeas, estas últimas fechadas en 1216-17 y 1218-19, respectivamente.

Al mismo tiempo, la nota plantea algunos interrogantes: ¿es que la denominación astrolabio *al-mugnī* era sinónimo de *sarrāyīyya* en el siglo XV?; ¿antecede el instrumento del Benaki, que corresponde a la versión amplia del instrumento, a la invención de la versión simple?; ¿explica la invención tardía de Ibn al-Sarrāy, 1358, que ni él mismo, ni la *sarrāyīyya* aparezcan en la compilación instrumental de Naʾīm al-Dīn al-Miṣrī, cuya fecha de redacción ha sido establecida hacia 1330?; y por último, ¿quién fue Abū Bakr de Marrakech y a qué instrumento se refiere el autor de la nota que siéndole tan claramente reconocible no ha dejado huella en ninguna de las compilaciones de instrumentos posteriores a 1188? Lamentablemente y por ahora estas preguntas carecen de respuesta.

4.1. Edición del texto árabe

Criterios de edición:

El estado general del texto es bueno. La caligrafía es *nasjī* oriental de tamaño pequeño. Su lectura es fácil a pesar de que algunas palabras están borrosas. En muchas de ellas faltan los diacríticos, pero no afectan a la inteligibilidad del contenido. La sintaxis es clara y en general correcta, por lo que no he intervenido en ella a lo largo de la edición.

En cuanto a la ortografía, he normalizado la escritura del grafema *hamza* y de la *tā' marbūʿa*. He incluido los *tašdīd* y restituido los puntos diacríticos sin dar aviso. He introducido puntuación ortográfica y dividido el texto en párrafos, numerados entre [], de acuerdo a la interpretación del mismo. He introducido entre <> las lecturas conjeturales de palabras borrosas y entre () unas pocas palabras que he añadido por considerarlas necesarias; entre ellas el título, que en el manuscrito aparece al final.

[1] بسم الله الرحمن الرحيم (يا) ربّ > يسر< برحمك

[2] قال المقيّد إلى الله تعالى أحمد بن أبي بكر بن علي بن السّراج بعد حمد الله والنبأ عليه والصلاة والسلام على نبيه محمد وآله وصحبه وسلّم.

[3] اعلم أنّي لما وقفت على كَيْفِيَّةِ الدوائر العظام المشهورة التي ذكرها علماء الهيئة وعلى كَيْفِيَّةِ تسطيحها كما ذكره علماء الهندسة سنح لي استنباط آلة من الشكازية المشهورة وذلك <عند> وقوفي على كَيْفِيَّةِ استخراج فضل الدائر منها بالاستقراء والتتبع مرّات عديدة.

[4] فلنشرع في الكلام على تسمية آلاتها ورسومها. فمن ذلك حجرة شبيهة بحجرة الأسطرلاب وفيها شبكة من غير صفائح وفي أرض الحجرة رسوم شكازية من غير بروج. وفي إحدى نصفي الشبكة نصف رسوم شكازية وفي النصف الآخر نصف شبكة الأسطرلاب آسي. وظهر الحجرة على عادة الأسطرلابات من العضادة وقوسي الارتفاع والظلّ والجيوب. وسمّيتها الآلة السراجية في استخراج الأعمال الأفقية.

[5] واعلم أن محيط الحجرة يسمّى دائرة نصف النهار والخطّ المارّ بالعلاقة يسمّى مدار الاستواء. والدوائر التي عن جنبيه تسمّى المدارات اليومية. فالتّي عن يمين الناظر شمالية والتي عن يساره جنوبية. والنقطتان اللتان في وسط أصغر المدارات تسميان القطبين والدوائر المارة بهما تسمّى الممرّات والأفاق المائلة. والخطّ المستقيم الواصل بينهما يسمّى أفق الاستواء والخطّان الخارجان من المركز إلى مثل الميل الأعظم من دائرة نصف النهار عن جنبي مدار الاستواء يسميان خطّي البروج على كلّ واحد البروج التي في جهته.

[6] والعضادة التي من الشبكة تسمّى الأفق المائل والمدارات الموازية له تسمّى مقنطرات الارتفاع. والنقطة التي في وسط أصغرها تسمّى سمت الرأس والخطّ الواصل بينه وبين مركز الشبكة يسمّى أول السموت. والدوائر <المائلة> من سمت الرأس إلى الأفق تسمّى السموت ومركز الشبكة يسمّى مركز مطلع <الاعتدال> ومغيبه.

[7] وعدد المدارات اليومية مكتوب على الحجرة // [1 ب] وعدد الممرّات مكتوب في أرض الحجرة ومبدأها من دائرة نصف النهار مما يلي العلاقة. وعدد السموت مكتوب على الأفق المائل وأمّا المقنطرات فلا بدّ من عددها عند العمل كما سيأتي في موضعه.

[8] وأما ظهر الاسطرلاب فلا حاجة إلى ذكر رسومه لشهرته وكذلك نصف الشبكة الذي فيه الكواكب والبروج.

[9] وأما العمل بهذه الآلة فهو أن تحرّك الشبكة حتّى يزول سمت الرأس عن مدار الاستواء بقدر العرض من أجزاء (دائرة) نصف النهار مما يلي الشمال وتثبتها. فتكون حينئذ الشبكة وما تحتها من الرسوم قد حكت النصف الظاهر في ذلك البلد.

[19] وإذا علم على موضع الشمس في خطّ البروج علامة فالتي تمرّ بها من المدارات اليومية هو مدار الشمس في ذلك اليوم وما بينه وبين مدار الاستواء هو الميل وجهته تحسب البرج الذي فيه الشمس.

[9ب] فإذا ذهب مع مدار الشمس إلى دائرة نصف النهار فالذي تحوزه انتهاك من المقنطرات فهو غاية ارتفاع الشمس في ذلك اليوم ومبدأ عدد المقنطرات من الأفق.



[9ج] وإذا ذهب مع المدار إلى الأفق فالذي تحوزه انتهاك من الممرّات هو نصف قوس النهار في ذلك اليوم. وما بين انتهاك وبين مطلع الاعتدال من السموت هو سعة المشرق للشمس في ذلك اليوم وجهتها تحسب موضع الشمس.

[9د] والذي بين انتهاك وبين أفق الاستواء من الممرّات هو تعديل النهار في ذلك اليوم.

[9هـ] وإذا ذهب مع المدار إلى أن يلقي مقنطرة الارتفاع الوقتي فالذي تحوزه انتهاك من الممرّات هو فضل الدائر ومن السموت هو السمت. وما بين انتهاك وبين الأفق من الممرّات هو الدائر. فإن كان الارتفاع شرقياً فالفضل باق للزوال والدائر ماض من الطلوع. وإلا فالفضل ماض من الزوال والدائر باق للغروب.

[9و] وكذلك العمل بمدارات الكواكب الشمالية والجنوبية.

[10] وإذا ذهب مع مدار شماليّ يساوي عرض مكة إلى ممرّ يساوي الفضل بين طولي بلدك ومكة فالذي بين انتهاك وبين أول السموت من السموت هو تمام انحراف ذلك البلد. وإذا ذهب مع مدار الشمس إلى دائرة سمت يساوي تمام الانحراف فالذي تحوزه انتهاك من المقنطرات هو ارتفاع // [2 أ] الشمس عند كونها على سمت القبلة في ذلك اليوم.

[11] وإذا ذهبت مع المدار إلى مقنطرة  وحصلت الدائر كان حصّة الفجر فإن حصلت (الدائر) لمقنطرة  (كان) ²³ حصّة الشفق.

[12] وإذا ذهبت مع المدار إلى المقنطرة المساوية لارتفاع العصر ففضل الدائر حينئذ هو قوس العصر. وارتفاع العصر يعلم من الظلّ الذي في ظهر الأسطرلاب وهو مشهور.

[13] وأيّ كوكب وضعت شطبته على مدار الاستواء ونظرت ما يحوز من الممرّات فهو بُعد ذلك الكوكب. فاعمل ببُعده كما عملت بميل الشمس من الذهاب مع مدارها وغيره.

[14] وأيّ جزء من أجزاء المنطقة التي في الشبكة أو شطبة كوكب وضعته على أفق الاستواء وعلمت في الحجرة علامة تحدّي أيّ جزء شئت من الشبكة. ثمّ حركت ذلك الجزء أو الشطبة حتّى تبعد عن أفق الاستواء بقدر البعد أو الميل من الممرّات وعلمت ثانياً. فما كان بين العلامتين من أجزاء الحجرة فهو تعديل ذلك الجزء أو الكوكب.

[15] وأيّ قوس من فلك البروج أردت مطالعها بالفلك فضع أولها على مدار الاستواء وعلم في الحجرة علامة. ثمّ حرّك الشبكة حتّى تقع أجزاء القوس على ما كان أولها موضوعاً عليه وعلم ثانياً. فما كان بين العلامتين من الحجرة فهو مطالع تلك القوس ولا يحفي عليك ترديد الشبكة عند كون القوس أكثر من ثلاث بروج.

[16] فإن أردت المطالع بأيّ بلد كان فزد التعديل على المطالع بالفلك في الجنوب وانقصه منه في الشمال تحصل المطلوب.

[17] وإن أردت فضع أول القوس المطلوب مطالعها على ممرّ بعده عن أفق الاستواء يساوي عرض البلد المطلوب المطالع فيه وعلم في الحجرة علامة وحركها حتّى تقع أجزاء القوس على ذلك الممرّ وعلم ثانياً. فما كان بين العلامتين من الحجرة فهو المطالع بذلك البلد. والله تعالى أعلم بالصواب.

تمت رسالة الآلة السراجيّة في استخراج الأعمال الأفقيّة

²³ En el manuscrito: حصل

4.2. Traducción del texto árabe

La traducción respeta la literalidad del texto, que será ponderada en el comentario, y sigue la división en párrafos de la edición.

(Instrumento *al-Sarrāyīyya* para realizar operaciones con horizontes)

[1] En el nombre de Dios, el Clemente, el Misericordioso. ¡Señor, que tu clemencia nos facilite las cosas!

[2] Dijo el siervo de Dios, ensalzado sea, Aḥmad ibn Abī Bakr ibn ‘Alī ibn al-Sarrāy después de alabar y anunciar a Dios, sea la bendición y la salvación para Su Profeta Muḥammad, su familia y sus compañeros.

[3] Sabe que cuando me detuve en cómo son los círculos máximos conocidos de los que hablan los cosmólogos (‘*ulamā’ al-hay’a*’) y en cómo proyectarlos al modo de los geómetras (‘*ulamā’ al-handasa*’), se me ocurrió inventar (*istinbāt*) un instrumento a partir de la conocida *šakkāziyya*, concretamente al detenerme en cómo se obtenía el ángulo horario (*faḍl al-dā’ir*) con ella a base de tantear y probar de manera repetida.

[4] Empecemos con la denominación de sus piezas (*ālāt*) y de las líneas trazadas en el instrumento. Una *ḥuṣra*, parecida a la *ḥuṣra* (*limbo*) del astrolabio, en la que hay una red sin láminas y en el fondo de la *ḥuṣra* las líneas de una *šakkāziyya* sin signos zodiacales. En una de las dos mitades de la red está la mitad de las líneas de una *šakkāziyya* y en la otra mitad la mitad de la red del astrolabio *al-āsī*. El dorso de la *ḥuṣra* es el habitual de los astrolabios: alidada, dos arcos de la altura, sombras y senos. He llamado al instrumento “instrumento *al-sarrāyīyya* para realizar operaciones con horizontes” (*al-āla al-sarrāyīyya fī istiṣrāy al-a’ māl al-āfāqiyya*).

[5] Sabe que la circunferencia de la *ḥuṣra* es el círculo meridiano. La línea que pasa por la anilla es el paralelo ecuatorial (*madār al-istiṣrāy*) y los círculos que hay a ambos lados son los paralelos diurnos. Los que están a la derecha del observador son septentrionales y los que están a su izquierda son meridionales. Los dos puntos que están en el centro

del más pequeño de los paralelos son los polos y los círculos que pasan por ambos son llamados meridianos y horizontes oblicuos. La línea recta que une ambos puntos es el horizonte del ecuador. Las dos líneas que salen desde el centro hasta marcar la declinación máxima en el círculo meridiano, a ambos lados del ecuador, son llamadas-las dos líneas de los signos zodiacales y sobre cada una están los signos en su dirección.

[6] La alidada de la red es el horizonte oblicuo y los paralelos que son paralelos a él son los almucántares de la altura. El punto que está en el centro del menor de ellos es el cenit (*samt al-ra's*) y la línea que lo une con el centro de la red es el primer vertical. Los círculos que se inclinan del cenit al horizonte son los acimuts. El centro de la red es el centro de la ascensión y la puesta del equinoccio.

[7] La numeración de los paralelos diurnos está escrita en la *huÿra* y la de los meridianos está escrita en el fondo de la *huÿra*, empezando en el círculo meridiano en la parte de la anilla. La numeración de los acimuts está escrita en el horizonte oblicuo. En cuanto a los almucántares hay que contarlos durante el uso del instrumento, como se verá en su lugar.

[8] En lo que respecta al dorso del astrolabio no hay necesidad de mencionar cuáles son las líneas que muestra, pues son conocidas y lo mismo sucede con la mitad de la red en la que están las estrellas y los signos zodiacales.

[9] En cuanto al uso de este instrumento, debes mover la red de manera que el cenit se aleje del ecuador la cantidad de la latitud en la parte septentrional de los grados del círculo meridiano y entonces fijala. En ese momento, la red y las líneas que hay debajo de ella reproducen la mitad visible en esa ciudad.

[9a] Y, si se hace una señal en la posición del Sol en la línea de la eclíptica, el paralelo diurno que pase por ella será el paralelo del Sol ese día. La distancia entre él y el ecuador es la declinación y su dirección dependerá del signo zodiacal en el que se encuentre el Sol.

[9b] Si sigues el paralelo del Sol hacia el círculo meridiano, lo que obtengas de almucántares será la altura máxima del Sol de ese día, empezando a contar los almucántares desde el horizonte.

[9c] Si sigues el paralelo hacia el horizonte, lo que obtengas de meridianos será la mitad del arco diurno de ese día y la distancia en acimuts entre el punto alcanzado y la ascensión del equinoccio será la amplitud ortiva del Sol ese día y su dirección dependerá de la posición del Sol.

[9d] La distancia en meridianos entre el punto alcanzado y el horizonte del ecuador será la ecuación del día (*ta'dīl al-nahār*) para ese día.

[9e] Si sigues el paralelo hasta encontrar el almucántar de la altura de ese preciso momento, lo que obtengas de meridianos será el ángulo horario (*faḍl al-dā'ir*) y de acimuts será el acimut. La distancia en meridianos entre el punto alcanzado y el horizonte será el giro de la esfera (*dā'ir*). Si la altura es oriental, el *faḍl*, es lo que queda para el mediodía y el *dā'ir* lo que ha transcurrido desde el orto. Y si no, pues el *faḍl* es lo que ha transcurrido desde el mediodía y el *dā'ir* lo que queda para el ocaso.

[9f] Del mismo modo operarás con los paralelos de las estrellas septentrionales y meridionales.

[10] Si sigues el paralelo septentrional que equivale a la latitud de la Meca hacia el meridiano que equivale a la diferencia entre las longitudes de tu ciudad y la Meca, la distancia en acimuts entre el punto que alcanzas y el primer acimut será la inclinación (*inḥirāf*) completa de esa localidad. Si sigues el paralelo del Sol hacia el acimut que equivale a la inclinación completa, lo que obtengas de almucántares corresponderá a la altura del Sol cuando está en el acimut de la alqibla en ese día.

[11] Cuando sigues el paralelo hacia el almucántar 18° y obtienes el *dā'ir*, será el argumento (*hiṣṣa*) del alba y si obtienes el *dā'ir* del almucántar 16° será el argumento del crepúsculo vespertino.

[12] Si sigues el paralelo hacia el almucántar que equivale a la altura de *al-ʿaṣr*, el ángulo horario (*faḍl al-dā'ir*) es, entonces, el arco de *al-ʿaṣr*. La altura de *al-ʿaṣr* puede saberse a partir de la sombra del dorso del astrolabio y es conocido.

[13] Cualquier estrella cuyo indicador coloques en el paralelo ecuatorial y te fijas en qué meridiano alcanza indicará la distancia (*bu'd*) de

esa estrella. Opera con la distancia del mismo modo que operaste con la declinación del Sol, siguiendo su paralelo y demás.

[14] Cualquier grado de la eclíptica de la red o indicador de estrella que coloques sobre el horizonte del ecuador y haces una señal en la *huýra* que se oponga a cualquier grado que quieras de la red; a continuación, mueves ese grado o ese indicador de manera que te alejes del horizonte del ecuador la cantidad de la distancia o de la declinación, en meridianos, y haces una segunda señal. Los grados de la *huýra* que hay entre ambas señales son la ecuación (*ta dīl*) de ese grado o estrella.

[15] Cualquier arco de la esfera de los signos cuyas ascensiones en la esfera quieras, pon su comienzo en el paralelo del ecuador y haz una señal en la *huýra*. Después mueve la red hasta que los grados del arco caigan sobre lo que estaba en la primera posición y haz una segunda señal. Lo que haya entre ambas señales sobre la *huýra* serán las ascensiones de ese arco y no se te oculta la necesidad de retroceder la red cuando el arco sea mayor de tres signos zodiacales.

[16] Si buscas las ascensiones de un lugar cualquiera suma la ecuación (*ta dīl*) a las ascensiones en la esfera en el Sur y réstasela en el Norte y obtendrás lo buscado.

[17] Si quieres, coloca el principio del arco cuyas ascensiones buscas sobre el meridiano cuya distancia respecto al horizonte del ecuador equivalga a la latitud de la ciudad cuyas ascensiones buscas. Haz en la *huýra* una señal y muévela hasta que caigan los grados del arco sobre este meridiano y haz una segunda señal. Lo que haya entre ambas señales <de divisiones> sobre la *huýra* serán las ascensiones de esa ciudad. Dios que ensalzado sea sabe lo que es correcto.

Acaba la *risāla* sobre el instrumento *al-sarrāyīyya*
para realizar operaciones con horizontes

4.3. Comentario

He comparado la descripción de la *sarrāyīyya* con la faz de la azafea *šakkāzīyya* y con la red y la lámina de *sarrāyīyya* del instrumento del

Museo Benaki²⁴. También he comparado la resolución de los casos con el modo de resolverlos con la *šakkāziyya*, puesto que claramente ha sido establecida como el instrumento que motiva la modificación de Ibn al-Sarrāy. He seguido la división en párrafos de la edición y la traducción, además los he agrupado para su comentario bajo un subtítulo uniforme entre < >.

<Preliminares y descripción>

[1] y [2] Tras la *basmala*, la atribución del tratado a Ibn al-Sarrāy es clara por parte del copista.

[3] Ibn al-Sarrāy se atribuye la invención de un instrumento al que llamará *sarrāyiyya*. El verbo que utiliza, *istanbaṭa*, se asocia a menudo al sentido de “inventar adaptando”, es decir, “inventar algo nuevo a partir de algo conocido” (*istanbaṭa al-mayhūl min al-ma‘lūm*). En el caso que nos ocupa, el algo conocido es la azafea *šakkāziyya*, explícitamente mencionada.

El problema que atrae la atención de Ibn al-Sarrāy es la obtención del ángulo horario, que en el caso de la azafea *šakkāziyya* requiere el uso preliminar de un método iterativo para colocar el Sol sobre la lámina a partir de la altura tomada en un momento determinado²⁵. La *sarrāyiyya* tiene como objetivo, pues, evitar dicha repetición reiterada²⁶.

[4] Enumera las partes de las que se compone el instrumento: una *huṣra* que comprende el *limbo* graduado exterior y la *madre* con las líneas de la proyección de la *šakkāziyya*. Entre el fondo de la madre y el limbo habrá un desnivel en el que encajará la red, como sucede en el astrolabio. Según el texto, la proyección de la *šakkāziyya* no muestra signos zodiacales. Probablemente se esté refiriendo a que no muestra los círculos máximos de longitud que marcan el comienzo de los signos zodiacales en la *šakkāziyya* y que también aparecen trazados en la lámina del Benaki. En efecto, su presencia no es indispensable.

²⁴ He utilizado una colección de fotografías del instrumento adquiridas en una visita al Museo en el año 1987. He reproducido en un dibujo esquemático (Fig. 2) los detalles que me interesa contrastar.

²⁵ Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, p. 64.

²⁶ Jean de Lignères la evita añadiendo la segunda regleta, véase n.16.

En cuanto a la red dividida en dos mitades, una mitad muestra la mitad de las líneas de la proyección de la *šakkāziyya*. La otra mitad de la red muestra la mitad de la eclíptica del astrolabio *āsī*. La *šakkāziyya* no dispone de red sino de la regla-horizonte.

El dorso es descrito como estándar: una alidada, dos arcos de altura, cuadrado de sombras y senos. El dorso de la *šakkāziyya* incluye además un calendario y el instrumento del Benaki incluye un calendario y una 7parrilla trigonométrica universal².

A continuación, Ibn al-Sarrāy da nombre al instrumento: “instrumento *al-sarrāyiyya* para realizar operaciones con horizontes”.

[5] Describe las líneas grabadas en la madre, esto es las líneas de la *šakkāziyya*. La circunferencia exterior representa el círculo meridiano. El diámetro vertical que pasa por la anilla de la que cuelga el instrumento representa el ecuador. Los arcos de círculo a ambos lados son los paralelos. A la derecha los septentrionales y a la izquierda los meridionales. Esta disposición implica que el polo Norte se encuentra a la derecha del que mira la lámina y el polo Sur estaría a la izquierda. Podría tratarse de un error de descripción puesto que tanto en la azafea *šakkāziyya* como en la lámina del Benaki el polo Sur se encuentra a la derecha.

El diámetro horizontal que une los dos polos representa el horizonte del ecuador y los arcos de círculo que pasan por ambos extremos son los meridianos y los horizontes oblicuos. Es decir, serán meridianos cuando operemos con la proyección estereográfica meridiana y la mitad de la red con coordenadas y serán horizontes oblicuos, en proyección estereográfica polar, cuando operemos con la eclíptica de la otra mitad de la red.

La línea que representa la eclíptica a ambos lados de la cual hay que escribir los nombres de los signos zodiacales no se describe como una línea continua, un diámetro, como suele ser habitual, sino como dos radios que salen del centro. Posiblemente quiera enfatizar que los seis signos que han de aparecer inscritos en cada uno de ellos, tres en dirección descendente y tres en dirección ascendente, comparten la misma posición, norte o sur respecto al ecuador, es decir la declinación positiva o negativa. El texto no indica cuál es la dirección para cada signo.

²⁷ Véase King, “The astronomical instruments”, p.1 y lámina 4.

En la *šakkāziyya* y en la lámina del Benaki el diámetro que representa la eclíptica se extiende desde el cuadrante superior derecho al cuadrante inferior izquierdo. En la *šakkāziyya* los signos descienden desde Capricornio (0°) en la parte de la anilla hasta Géminis (180°) en la parte inferior y ascienden desde Cáncer hasta Sagitario (360°), de nuevo en la anilla. Esta disposición, que es la clásica en las azafeas y muy apropiada para el cómputo, al uso, de las ascensiones rectas desde Capricornio, es bien distinta en la lámina del Benaki que sitúa Cáncer (0°) en la anilla y Capricornio (180°) en la parte inferior de la eclíptica. De modo que los signos que van de Cáncer a Virgo y de Aries a Géminis quedan del lado del polo Sur (Fig. 2), en el hemisferio meridional²⁸. Lo cual es claramente incongruente y un error conceptual.

En este párrafo se confirma que la *sarrāyīyya* no muestra los círculos máximos de longitud que marcan el comienzo de los signos zodiacales y que carece de las estrellas grabadas sobre la lámina, que sí aparecen en la *šakkāziyya*.

[6] A continuación describe las líneas de la mitad de la red con coordenadas. Por “la alidada de la red es el horizonte oblicuo” se entiende que el diámetro horizontal de la red equivale a la regla-horizonte, que en la *šakkāziyya* es la única y mínima representación de las coordenadas horizontales. Los arcos por encima del horizonte son los almucántares, el punto que está en medio de ellos es el cenit y la línea que lo une con el centro es el primer vertical. El resto de arcos son los acimuts y el centro de la red es el punto E y W. Esta mitad de la red representa, pues, las coordenadas horizontales desde el horizonte oblicuo hasta el cenit y coincide con la mitad correspondiente del instrumento del Benaki.

[7] La numeración de los paralelos está escrita en el limbo. La de los meridianos empieza desde la anilla y está escrita en la madre o fondo de la *huýra*, quizás sobre el diámetro vertical como en el caso de la *šakkāziyya*, o bien sobre los paralelos a ambos lados del ecuador como en la lámina del Benaki; y es lo mismo.

²⁸ Esta disposición y progresión de los signos coincide, curiosamente, con la ilustración que acompaña la descripción de las azafeas en el tratado de al-Marrākušī, *Yāmi' al-mabādī'*, p. 94. Dicha ilustración, que no indica la posición de los polos, he comprobado que es una interpretación equivocada de lo que dice el texto.

La numeración de los acimuts está escrita sobre el horizonte oblicuo. En la šakkāziyya la numeración de los acimuts también está inscrita en la regla-horizonte progresando desde el centro hacia los extremos, a ambos lados. Una vez más, la lámina del Benaki presenta un detalle que la hace distinta, ya que en ella esta numeración progresa desde los extremos al centro (Fig. 2).

En cuanto a los almucántares, no consta su numeración, ya que el texto indica que habrá que contarlos al usar el instrumento.

[8] Da por conocido el trazado de las líneas del dorso. Asimismo, da por conocida la mitad de la red en la que están las estrellas y los signos zodiacales.

Sorprende que Ibn al-Sarraʿy no haga énfasis en esta mitad de eclíptica *āsī* cuya aparición en un instrumento es, según la historiografía contemporánea, una novedad de la época.

La eclíptica *āsī* había sido descrita por al-Bīrūnī entre otras que se utilizan con proyecciones dobles del astrolabio, a la vez septentrionales y meridionales, y que reciben el nombre de acuerdo a lo que sugiere su forma²⁹. En el caso del astrolabio *āsī* la forma es de hoja de mirto. En ella, los signos septentrionales, de Aries a Virgo, están representados desde el polo Sur y los signos meridionales, de Libra a Piscis, desde el polo Norte³⁰.

En la *sarrāʿiyya*, aunque el manuscrito no lo especifique, y tal como sucede en el instrumento del Benaki, las dos mitades de la eclíptica se superponen. La apariencia es idéntica a la eclíptica del *circulus mobilis* de Jean de Lignères, descrita en 1325.

Para ser operativa, la eclíptica debe estar graduada y dividida en signos cuyos nombres quedarán emparejados. El manuscrito no indica cómo. Por razones técnicas y prácticas, la disposición correcta, cuando la red se presenta con la eclíptica en la parte inferior, debería ser, desde la izquierda: Aries-Libra, Tauro-Escorpión, Géminis-Sagitario, Cán-

²⁹ Véase el estudio de Dallal, “Book of pearls concerning the projection of spheres” sobre una obra de Bīrūnī en la que explica el cálculo del ascendente con astrolabios con este tipo de eclíptica, especialmente útiles porque admiten un tamaño mayor y facilitan las operaciones (p.115). Cabe recordar que Jean de Lignères utiliza la eclíptica *āsī* del *circulus mobilis* con el mismo propósito.

³⁰ La lámina de al-Ḥarrar (o al-ʿYazzār), construida en Tazà (Marruecos) en 1327-28 y contemporánea de la *sarrāʿiyya*, es el instrumento más antiguo que conserva esta eclíptica (véase Bartolomé-Truco (coord.), *El legado científico andalusí*, p. 239).

cer-Capricornio, Leo-Acuario y Virgo-Piscis, cada signo con su opuesto; y esta es la disposición en el *circulus mobilis*. En la eclíptica del Benaki, en cambio, se lee desde la izquierda: Libra-Virgo, Escorpión-Leo, Sagitario-Cáncer, Capricornio-Géminis, Acuario-Tauro y Piscis-Aries³¹ (Fig. 2).

En cuanto a las estrellas de esta mitad de la red forman parte conjunta con la eclíptica *āsī* y comparten la misma proyección estereográfica polar.

<Uso de la mitad de la red con coordenadas>

En los párrafos [9] – [12] se utilizan conjuntamente las líneas de la proyección de la madre y las coordenadas de la red.

<Colocación de la red y cálculos directos>

[9] Empieza a operar fijando la red de manera que el cenit marque en el círculo meridiano la latitud del lugar. La *šakkāziyya* empieza a operar colocando el extremo de la regla-horizonte sobre la colatitud del lugar, que en esta posición coincide con el horizonte de la red de la *sarrāyiyya*; así pues, es lo mismo. En esa posición la red de la *sarrāyiyya* y las líneas que hay debajo reproducen, en efecto, la mitad visible de la esfera por encima del horizonte.

³¹ Charette (*Mathematical instrumentation*, pp. 105-107 y figs. 2.17 y 2.18) discute el emparejamiento de los signos en la eclíptica *āsī* en un apartado titulado “The problem of the ecliptic belt and star-pointers” en el que compara la disposición de los signos en la *sarrāyiyya* y en otro instrumento llamado *saḡyāriyya* o astrolabio *rūmī*, ¿europeo?

Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī describe la *saḡyāriyya* o astrolabio *rūmī* como una lámina de astrolabio en proyección estereográfica polar para un lugar de latitud 0° a la que añadirá una red móvil con una mitad de coordenadas y una eclíptica *āsī* con estrellas en la otra mitad (Charette, *Mathematical instrumentation*, Cap. 9). El mismo Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī la compara con la *šakkāziyya*, indicando que ésta se diferencia porque tiene grabada la línea de la eclíptica en la faz y una regla-horizonte, en lugar de la red. Es obvio que Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī describe la *saḡyāriyya* en términos prácticos de construcción y que basa su comparación con la *šakkāziyya*, de manera superficial, en la similitud de las líneas a simple vista, sin considerar que en la *šakkāziyya* estamos ante otro tipo de proyección, que tal vez desconozca.

Charette se deja llevar igualmente por la similitud de líneas al considerar la *saḡyāriyya* descrita por Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī como la única descripción conocida en árabe de la *lámina universal* de ʿAlī b. Jalaf, ya que pasa por alto que la proyección de la *lámina universal* no es polar, sino una proyección meridiana sobre cuyo uso disponemos de un extenso tratado.

A continuación, hay que marcar la posición del Sol sobre la eclíptica. En la *šakkāziyya* la eclíptica no está graduada y para colocar el grado del Sol sobre ella contamos sobre el ecuador y luego transportamos la señal a la eclíptica con ayuda de la regla-horizonte mediante un giro equivalente a la declinación máxima u oblicuidad³². En la *sarrāyīyya*, cuya eclíptica tampoco está graduada, se debería operar del mismo modo previamente a colocar la red en su posición fija.

La posición del Sol marcada sobre la eclíptica determina el paralelo que recorre el Sol ese día y a partir de aquí se lee directamente su declinación [9a], la altura meridiana [9b], el arco semidiurno y la amplitud ortiva [9c] y la ecuación del día [9d].

La ecuación del día es la cantidad que se añade o se sustrae a 90° para obtener el arco semidiurno y es, también, la diferencia entre las ascensiones rectas y oblicuas de un grado de la eclíptica. La *šakkāziyya* no la calcula. En cambio, se trata de un cálculo habitual en los cuadrantes de tipo *šakkāzī* para obtener el arco semidiurno³³ y el giro de la esfera³⁴.

El resto de cálculos tienen su correspondiente en el tratado de uso de la *šakkāziyya*³⁵ y se resuelven del mismo modo.

Es de extrañar que el texto no se ocupe del cálculo de las ascensiones rectas desde el principio de Capricornio que también son de lectura directa, como sí hace la *šakkāziyya*³⁶.

En definitiva, en las operaciones descritas en los párrafos anteriores, el uso de la ampliación de las coordenadas horizontales no ha sido necesario.

<Cálculos con las coordenadas horizontales de la red>

[9e] Se trata de colocar el Sol sobre su paralelo a partir de la altura tomada en un momento determinado para obtener el acimut, el ángulo

³² Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, pp.58-59.

³³ Véase Samsó & Català, “Un instrumento astronómico de raigambre *zarqālī*: el cuadrante *shakkāzī* de Ibn Ṭībugā”, p.21, y King, “An analog computer for solving problems of spherical astronomy: the *shakkāziyya* quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī”, p.225 y 227.

³⁴ Véase King, “An analog computer for solving problems of spherical astronomy: the *shakkāziyya* quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī”, pp. 226 y 229-230.

³⁵ Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, capítulos 3, 4, 6, 9 y 36 y pp. 55-56.

³⁶ La *šakkāziyya* calcula las ascensiones rectas para un grado de la eclíptica y también para un arco (Puig, *Al-Šakkāziyya*, cap. 16).

horario y el giro de la esfera. En la *sarrāyīyya* para colocar el Sol basta con seguir el almucántar de altura en la red hasta su intersección con el paralelo. En la *šakkāziyya*, dado que las coordenadas horizontales se reducen a la regla-horizonte, hay que colocar sobre el paralelo que recorre el Sol una cantidad que se aproxime a la altura tomada y, tras un cambio de coordenadas ecuatoriales en horizontales³⁷, comprobar si se ha acertado o hay que repetir la operación³⁸. Este es el procedimiento iterativo que evita la *sarrāyīyya*, ya que ella sí dispone de los almucántares en la red.

Aunque esta manera iterativa de proceder no entraña ninguna dificultad para alguien familiarizado con el uso de astrolabios y, además, se da en otros instrumentos³⁹, el tratado mismo sobre la *šakkāziyya* propone un procedimiento alternativo para el cálculo del giro de la esfera que no coloca el Sol en su paralelo y en el que hay una «pequeña aproximación», en palabras del autor⁴⁰.

Una vez posicionado el Sol, en la *sarrāyīyya* se cuenta directamente sobre el paralelo el giro de la esfera y el ángulo horario, y el acimut se cuenta en la red. En la *šakkāziyya*, se cuenta igualmente sobre el paralelo el giro de la esfera y el ángulo horario, mientras que para determinar el acimut es preciso un segundo cambio de coordenadas ecuatoriales en horizontales.

Así pues, la *sarrāyīyya*, al haber ampliado las coordenadas horizontales respecto a la *šakkāziyya*, no necesita realizar el cambio de ecuatoriales en horizontales.

Cabe señalar que la superposición de la red entorpece, con respecto a la *šakkāziyya*, la visibilidad del paralelo que recorre el Sol⁴¹.

³⁷ Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, pp.60-62.

³⁸ Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, p. 64.

³⁹ Sobre el uso del método iterativo en la lámina general de Ibn Bāšo (m.1316) véase Calvo, *Risālat al-šafiha al-yāmi'a*, pp.70-72.

⁴⁰ Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, capítulo 20. Sobre el método aproximado y la cuantificación de la aproximación véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, pp.67-72.

⁴¹ De hecho Naʿīm al-Dīn al-Miṣrī ya advierte de este inconveniente en la descripción de la construcción de la red del astrolabio *rūmī* o *saʿyāriyya* y recomienda lo siguiente (traducción de Charette, *Mathematical instrumentation*, p. 246): “It is necessary that the divisions of the arcs of the rete be different from the divisions of the arcs of the plate, for if the arcs of the plate are at each six degrees, it is necessary that the arcs of this rete be at each ten degrees, so that the arcs of the plate be visible through the arcs of the rete. This arrangement is according to the choice of the maker (of the instrument)”.

<Cálculos relativos a las estrellas>

[9f] En la observación final acerca de las estrellas traslada la idea que operar con las estrellas es lo mismo que operar con el Sol y, aunque no es cierta, sí se puede considerar correcta al menos en lo que se refiere a los cálculos que se pueden realizar a partir de la lectura directa [9a], [9b] y [9c]. Ahora bien, para medir el tiempo por la noche a partir de la altura de una estrella [9e] se deberá desplazar previamente la estrella desde su posición inicial en la lámina a la posición que ocupa en el momento del ocaso del Sol. Esta es la manera de operar con la *šakkā-ziyya*⁴², en la que las estrellas están grabadas sobre la lámina, a diferencia del astrolabio en el que las estrellas en la araña giran solidariamente con el grado del Sol⁴³.

En la *sarrāyīyya*, además, las estrellas se encuentran en la otra mitad de la red, en proyección estereográfica polar, y para operar con ellas habrá que colocarlas sobre la proyección estereográfica meridiana de la madre a partir de sus coordenadas ecuatoriales.

< Casos particulares del uso de las coordenadas horizontales [9e]>

[10] En primer lugar, el cálculo del acimut de la alquibla. Se coloca la ciudad de La Meca sobre la madre según su latitud y la diferencia de longitud entre La Meca y la ciudad para la que se quiere determinar la alquibla. Esta ciudad está representada por el cenit de la red que se ha colocado convenientemente según su latitud en el círculo meridiano. Posicionadas, pues, ambas ciudades se podrá leer directamente sobre la red el acimut de La Meca en dicha ciudad. Al mismo tiempo, siguiendo el paralelo del Sol se puede leer su altura cuando se encuentre en dicho acimut. El tratado de *šakkāziyya* plantea el cálculo del acimut para cualquier ciudad, del cual este sería un caso concreto⁴⁴.

⁴² Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, pp. 56-57.

⁴³ En el prólogo al tratado de la lámina general Ibn Bāso expone su propósito de conseguir que las estrellas aparezcan en la red como en el astrolabio «y no como en la lámina de Azarquiel u otros en la que las estrellas están inmóviles y no pueden desplazarse» (Calvo, *Risālat al-ṣafīḥa al-yāmi'a*, p.117).

⁴⁴ Véase Puig, *Al-Šakkāziyya*, capítulo 51 y pp. 62-63.

[11] Calcula el tiempo transcurrido desde la aparición del alba al orto y desde el ocaso a la extinción del crepúsculo. Ibn al-Sarrāy parte de los almucántares 18° y 16° para el alba y el crepúsculo, respectivamente. Como sea que en realidad se trataría de operar con los almucántares -18° y -16° , por debajo del horizonte, habría que dar la vuelta a la red 180° para obtener un resultado preciso. En el tratado de *šakkāziyya* el almucántar de referencia es -18° en ambos casos⁴⁵, siendo el propio de la tradición andalusí.

[12] Obtiene el ángulo horario que equivale a la altura del Sol para el momento de la oración de *al-‘aṣr* y para obtener la altura remite al dorso del astrolabio.

Los problemas planteados en estos párrafos que acabamos de ver son cuestiones propias de *mīqāt* y tienen que ver con las prescripciones de la práctica del islam.

<Uso de la eclíptica y las estrellas de la red>

En el resto de párrafos [13] – [17] se utiliza la eclíptica *āsī* y los meridianos de la proyección de la *šakkāziyya* como si fueran los círculos de una lámina de horizontes en una doble proyección estereográfica polar delimitada por el ecuador. El círculo exterior que contiene la proyección ya no representa el círculo meridiano sino el ecuador y el diámetro vertical representa la línea meridiana en lugar del ecuador. Por lo tanto, el modo de proceder será el de un astrolabio convencional. Las estrellas de la red indicadas por los garfios están posicionadas de acuerdo a esta proyección.

[13] En consecuencia, para poder operar con una estrella cualquiera de la red calcula su distancia (*bu ‘d*)⁴⁶ respecto del ecuador con el objetivo de determinar el paralelo que deberá recorrer esa estrella en la proyección estereográfica meridiana de la madre. Esta única coordenada es insuficiente. Falta la ascensión recta, que se podría haber obtenido en el mismo movimiento contando en las divisiones del *limbo* como en el astrolabio.

⁴⁵ Puig, *Al-Šakkāziyya*, capítulo 27.

⁴⁶ En los tratados medievales el término que define la coordenada declinación para las estrellas es *bu d* y no *mayl* como en el caso del grado del Sol.

[14] La redacción de este párrafo es confusa. Calcula la diferencia entre la ascensión recta y la ascensión oblicua, ambas desde Aries, o sea la diferencia ascensional, de un grado de la eclíptica o de una estrella para un lugar de latitud igual a la declinación de ese grado o la distancia de esa estrella, respectivamente. La situación que plantea es muy particular. Tal vez, debería decir para un lugar de latitud determinada cualquiera⁴⁷. Esta diferencia ascensional es la ecuación del día que ha explicado cómo obtener en [9d].

[15] Calcula las ascensiones rectas desde Capricornio que corresponden a un arco de la eclíptica. El comentario final acerca de retroceder la red más bien evoca el uso de un cuadrante, ya que en este instrumento no es necesario llevar a cabo este paso.

[16] y [17] Finalmente, calcula las ascensiones oblicuas para un lugar cualquiera. En [16] numéricamente, sumando o restando a las ascensiones rectas la diferencia ascensional [14], según los signos sean meridionales o septentrionales, respectivamente. En [17], de manera opcional, calculando las ascensiones oblicuas que corresponden a un arco de la eclíptica en el instrumento.

El uso que se hace de esta mitad de la red es muy restringido. Ni siquiera alcanza a calcular aquello que es habitual en el astrolabio. Únicamente calculará la declinación de las estrellas y las ascensiones, que se podrían haber calculado en la *šakkāziyya* de la madre sin necesidad de recurrir a la lámina de horizontes. Toda esta parte da la impresión de ser un mero pretexto para incluir la eclíptica *āsī* superpuesta la cual, por sus especiales características, debería haber sido objeto de una mayor especificación.

5. Conclusiones

Del estudio del manuscrito Cairo, *mīqāt*, 291, y dejando aparte las incógnitas de carácter historiográfico, no resueltas, introducidas por la

⁴⁷ El cálculo de la diferencia ascensional no es muy frecuente en los tratados de uso del astrolabio. Por ejemplo, en el capítulo XXI del “Tratado sobre el astrolabio llano” aparece como una manera alternativa de calcular el arco diurno, ya que es igual al doble de la diferencia ascensional más 180° (Rico y Sinobas, *Libros del Saber de Astronomía*, II, pp.271-272).

nota al margen, se puede concluir que la *sarrāyīyya* fue inventada por Ibn al-Sarrāy con un doble objetivo: evitar el procedimiento iterativo en el cálculo del ángulo horario con la azafea *šakkāziyya* y disponer de un instrumento práctico para realizar cálculos en los que intervengan las coordenadas horizontales. Para conseguirlo coloca una red, dividida en dos mitades, sobre una madre en la que se han grabado las líneas de proyección de la *šakkāziyya*. En una mitad amplía las coordenadas horizontales por encima de la regla-horizonte de la *šakkāziyya* y en la otra mitad incorpora una eclíptica *āsī* y garfios con estrellas. Las características expuestas y el hecho de que la azafea *šakkāziyya* sea explícitamente mencionada por Ibn al-Sarrāy deberían excluir la vinculación recurrente de la *sarrāyīyya* a la *lámina universal*.

El resultado es un instrumento híbrido, en el pleno sentido del adjetivo, que mezcla la azafea *šakkāziyya*, modificada por la mitad de la red de coordenadas, y un astrolabio cuyo uso se limita a la lámina de horizontes.

En cuanto a su uso como *šakkāziyya*, si bien soluciona la iteración en el caso mencionado, la modificación no aporta mejoras relevantes al usuario familiarizado con el manejo de instrumentos y, en cambio, genera nuevos inconvenientes con los que Ibn al-Sarrāy no se muestra crítico. Prescindir del cambio de coordenadas ecuatoriales a horizontales, la aleja conceptualmente de la *šakkāziyya* original. Queda por demostrar la funcionalidad de la configuración en la resolución de otros problemas de trigonometría esférica en el caso hipotético que Ibn al-Sarrāy se los hubiera planteado.

En cuanto a su uso como astrolabio, las indicaciones son muy generales y en algún párrafo confusas. Llama la atención que no haga énfasis en la eclíptica *āsī*, que es una novedad, y que haga un uso tan limitado de ella. La particular utilidad de la eclíptica *āsī* en el cálculo del ascendente, ponderada por Bīrūnī y por Jean de Lignères, no interesa en absoluto a Ibn al-Sarrāy, quien, de acuerdo a su época y entorno, se muestra más preocupado por cuestiones relacionadas con la práctica del *mīqāt*, como son la determinación del alba y del crepúsculo, el momento de la oración de *al-‘aṣr* y la dirección de la alquibla.

Estos usos corroboran el propósito de Ibn al-Sarrāy de disponer de un instrumento con el que realizar operaciones con coordenadas horizontales y su desinterés por el resto de posibilidades del mismo.

La falta de interés se ve acentuada por la brevedad y el estilo elíptico del texto que dejan en el aire detalles de la descripción que ya han

sido señalados como posible fuente de conflicto desde un punto de vista técnico: la posición de los polos en la descripción de las coordenadas de la madre, la inscripción de los signos a lo largo de la línea de longitud y, sobre todo, la inscripción de los signos en la eclíptica de la red, en la que no se entretiene. Todos estos detalles no explicitados han sido materializados de manera errónea en la *sarraʿiyya* (lámina y red) que forma parte del instrumento del Benaki, comprometiendo seriamente no sólo la competencia y la reputación del instrumentista que lo firma, sino también el uso correcto y la precisión del instrumento mismo.

Fuentes y bibliografía

Manuscritos

Ibn al-ʿAṭṭār al-Bakrī, Kašf al-qināʿ fī rasm al-arbāʿ, Ms. 3094 (*maʿyumu*) Biblioteca Nacional Al-Asad de Damasco, fols. 55v – 78v.

Abū l-Rayḥān al-Bīrūnī, *Kitāb fī istiʿāb al-wuḥūḥ al-mumkina fī ṣanʿat al-aṣṭurlāb*, Ms. Tunis, BN, *Aḥmadiyya*, 13081/1 (antiguo fondo *al-Zaytūna*, 5540), de la Biblioteca Nacional de Túnez.

Abū l-Ḥasan ʿAlī al-Marrākūšī, *Yāmiʿ al-mabādīʿ wa-l-gāyāt fī ʿilm al-mīqāt*, Ms. 3343 Istanbul. Edición facsímil Fuat Sezgin, Frankfurt am Main, Institut für Geschichte der Arabisch-islamischen Wissenschaften, 1984, 2 vols.

Bibliografía

Aguiar, Maravillas, “Un regalo para un futuro rey: la azafea ofrecida por el astrónomo Ibn al-Zarqālluh (Azarquiel) al niño al-Muʿtamid”, en Fátima Roldán (ed.), *El siglo de al-Muʿtamid*, Sevilla-Huelva, Universidad de Sevilla, 2013, pp. 15-33.

Bartolomé, María Belén y Truco, Juan (coords.), *El legado científico andalusí*, catálogo de la exposición en el Museo Arqueológico Nacional en Madrid (abril-junio de 1992), Madrid, Centro Nacional de Exposiciones, Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1992.

Berggren, Len, “Al-Bīrūnī on plane maps of the sphere”, *Journal for the History of Arabic Science*, 6 (1982), pp. 47-96.

Bu ʿAlwan, Hayat, (ed.), *Ṭabaqāt al-umam*, Beirut, Dar Alitalia, 1985.

Calvo, Emilia, “La *Risālat al-ṣaḥīḥa al-mushtaraka ʿalā al-shakkāziyya* dʿIbn al-Bannā de Marrākush”, *Al-Qanṭara*, 10 (1989), pp. 21-50.

- Calvo, Emilia, “La lámina universal de ‘Alī b. Jalaf (s.XI) en la versión alfonsí y su evolución en instrumentos posteriores”, en Mercè Comes, Honorino Mielgo y Julio Samsó (eds.), “*Ochava espera*” y “*Astrofísica*”: textos y estudios sobre las fuentes árabes de la astronomía de Alfonso X, Barcelona, Agencia Española de Cooperación Internacional – Universidad de Barcelona, 1990, pp. 221-238.
- Calvo, Emilia, *Risālat al-ṣafīḥa al-yāmi‘a li-yāmī‘ al-‘urūd. Tratado sobre la lámina general para todas las latitudes*, Madrid, CSIC, 1993.
- Calvo, Emilia, “Some features of the old castilian Alfonsine translation of ‘Alī Ibn Khalaf’s treatise on the *lámina universal*”, *Medieval Encounters*, 23 (2017), pp. 106-123.
- Calvo, Emilia y Puig, Roser, “The universal plate revisited”, *Suhayl*, 7 (2006), pp. 132-139. Reimpreso en Muzaffar Iqbal, (ed.), *New Perspectives on the History of Islamic Science*, Cornualles, Ashgate, 2012, vol. 3, pp. 411-455.
- Charette, François, *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria. The Illustrated Treatise of Najm al-Dīn al-Misri*, Leiden-Boston, Brill, 2003.
- Charette, François y Schmidl, Petra, “A universal plate for timekeeping by the stars by Ḥabash al-Ḥāsib: text, translation and preliminary commentary”, *Suhayl*, 2 (2001), pp. 107-130.
- Combe, Étienne, “Cinq cuivres musulmans datés XIII, XIV et XV^e siècles de la collection Benaki”, *Bulletin de l’Institut français d’Archéologie orientale* (Cairo), 1930, pp. 49-58.
- Corriente, Federico, *Árabe andalusí y lenguas romances*, Madrid, Mapfre, 1992.
- Dallal, Ahmad, “Biruni’s *Book of pearls concerning the projection of spheres*”, *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, 4 (1987-1988), pp. 81-138.
- González Palencia, Ángel, *Los mozárabes de Toledo en los siglos XII y XIII*, Madrid, Instituto de Valencia de Don Juan, 1930, 4 vols.
- Hernández, Azucena, *Astrolabios en al-Andalus y los reinos medievales hispanos*, Madrid, Ediciones de la Ergástula, 2018, Colección arte y contextos, 3.
- Husayni, Jawadi, *Isti‘āb al-wuṣūḥ al-mumkina fī ṣan‘at al-aṣṭurlāb*, Mashhad, Mu‘assasat al-ṭab‘i al-tābi‘a li-l-astāna al-raḍwiyya al-muqaddasa, 2001.
- Ibn al-Qifṭī, *Ajbār al-ḥukamā’*, Beirut, Dār al-Āṭār, s.d.
- Juri, Ibrahim, *Fihrist majmū‘āt Dār al-Kutub al-Zāhiriyya: ‘ilm al-hay’a wa-mulḥaqātu-hu*, Damasco, Maṭbū‘āt Maḥma‘ al-luga al-‘arabiyya bi-Dimaṣq, 1969.
- King, David A., “On the early history of the universal astrolabe in islamic astronomy, and the origin of the term *shakkāziyya* in medieval scientific Arabic”, *Journal for the History of Arabic Science*, 3 (1979), pp. 244-257. Reimpreso en *Islamic Astronomical Instruments*, Londres, Ashgate, 1987, VII.

- King, David A., "The Astronomical Instruments of Ibn al-Sarrāj: a Brief Survey". Revisión de una comunicación presentada en Alepo, 1979. Publicado en D.A. King *Islamic Astronomical Instruments*, Londres, Ashgate, 1987, IX, pp. 1-8.
- King, David A., "An analog computer for solving problems of spherical astronomy: the *shakkāziyya* quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī", *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 24 (1974), pp. 219-242. Reimpreso en *Islamic Astronomical Instruments*, Londres, Ashgate, 1987, X.
- King, David A., "Shakkāziyya", *Encyclopédie de l'Islam*, Leiden, Brill, vol. 9, pp. 251-253.
- Louis, André M., "Sellerie d'apparat et selliers de Tunis", *Cahiers des Arts et Traditions Populaires de Tunisie*, 1 (1967-1968), pp. 43-102.
- Mayer, Leo Ary, *Islamic astrolabists and their works*, Ginebra, Albert Kundig, 1956.
- Millás, José María, *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, CSIC – Instituto Miguel Asín, 1943-1950.
- Pellegrin, Arthur, "Le vieux Tunis: les noms de rues de la ville arabe", 6 artículos en *Bulletin économique et social de la Tunisie*, 59 (1951) a 64 (1952).
- Poulle, Emmanuel, "Un instrument astronomique dans l'occident latin, la *saphæa*", *Studi Medievali*, 10 (1969) pp. 491-510.
- Puig, Roser, "Concerning the *ṣafīḥa šakkāziyya*", *ZGAIW*, 2 (1985), pp. 123-139.
- Puig, Roser, *Al-Šakkāziyya. Ibn al-Naqqāš al-Zarqālluh. Edición, traducción y estudio*, Barcelona, Universidad de Barcelona, 1986.
- Puig, Roser, *Los tratados de construcción y uso de la azafæa de Azarquiel*, Madrid, Instituto Hispano-Árabe de Cultura, 1987.
- Puig, Roser, "El *Taqbīl 'alā Risālat al-ṣafīḥa al-zarqāliyya* de Ibn al-Bannā' de Marrākuš", *Al-Qanṭara*, 8 (1987), pp. 45-64.
- Puig, Roser, "La proyección ortográfica en el Libro de la aḥaḥa alfon sí", en Mercè Comes, Roser Puig y Julio Samsó, (eds.), *De astronomía Alphonsi regis*, Barcelona, Universidad de Barcelona, Instituto "Millás Vallicrosa" de Historia de la Ciencia Árabe, 1987, pp. 125-138.
- Puig, Roser, "Al-Zarqālluh's graphical method for finding lunar distances", *Centaureus*, 32 (1989), pp. 294-309.
- Puig, Roser, "Una aportación andalusí a la difusión del cuadrante de senos", Yād-Nama, in Memoria di Alessandro Baussani, Roma, Bardi Editore, 1991, vol. 2, pp. 75-85.
- Puig, Roser, "La proyección ortográfica en los instrumentos astronómicos: del Oriente islámico a la Europa del renacimiento", *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos en Madrid*, 26 (1993-94), pp. 249-261.
- Puig, Roser, "On the Eastern sources of Ibn al-Zarqālluh's orthographic projection", en Josep Casulleras y Julio Samsó (eds.), *From Baghdad to Barcelona. Studies in Islamic Exact Sciences in Honour of Professor Juan Vernet*, Bar-

- celona, Universidad de Barcelona, Instituto “Millás Vallicrosa” de Historia de la Ciencia Árabe, 1996, vol. 2, pp. 737-753.
- Puig, Roser, “On the transmission of some andalusian contributions in the field of astronomical instrumentation to eastern islam”, en N. Pourjavady y Živa Vesel, *Sciences, techniques et instruments dans le monde iranien (Xè-XIXè siècles)*, Teherán, Presses Universitaires d’Iran – Institut Français de Recherche en Iran, 2004, pp. 79-87.
- Puig, Roser, “La saphea (*ṣaḥīḥa*) d’al-Zarqālī dans le *Kitāb Djāmi‘ al-mabādī’ wa-l-ghayāt fī ‘ilm al-miqāt* d’Abū l-Ḥasan ‘Alī al-Marrākushī”, *Actes du 7ème Colloque Maghrébin sur l’histoire des mathématiques arabes*, Marrakech, Ministère de l’Éducation Nationale, Agence Universitaire de la Francophonie, 2005, vol.1, pp. 271-280.
- Puig, Roser, “Zarqālī”, en Th. Hockey et al. (eds.), *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*, Nueva York, Springer, 2007 (Edición revisada 2014), pp. 1258-1260.
- Puig, Roser, “Three Astronomical Treatises on the *ṣaḥīḥa* of the Andalusian astronomer Ibn al-Zarqālluh (d. 1100) at the Al-Asad National Library in Damascus”, *Journal for the History of Arabic Science*, 13 (2005), pp. 3-20.
- Puig, Roser, “Ibn Jalaf al-Ṣaydalānī”, en Jorge Lirola y José Manuel Puerta (dirs. y eds.), *Enciclopedia de la Cultura Andalusí. Biblioteca de al-Andalus*, Almería, Fundación Ibn Tufayl de Estudios Árabes, 2004, vol. 3, pp. 570-571.
- Puig, Roser, “‘Alī Ibn Khalaf”, en Th. Hockey, et al. (eds.), *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*, Nueva York, Springer, 2007 (Edición revisada 2014), pp. 34-35.
- Rico y Sinobas, Manuel, *Libros del saber de Astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla. Compilados, anotados y comentados por...*, vol. 3, Madrid, Tipografía de Don Eusebio Aguado, impresor de cámara de S.M. y de su Real Casa, 1864.
- Sabbag, Mustafā, *Fihrist majtū‘āt Dār al-Kutub al-Zāhiriyya: al-‘ulūm wa-l-funūn al-mujtalifa ‘inda al-‘arab*, Damasco, Maṭbū‘āt Maḥma‘ al-luga al-‘arabiyya bi-Dimašq, 1980.
- Samsó, Julio, “Una hipótesis sobre cálculo por aproximación con el cuadrante *shakkāzī*”, *Al-Andalus*, 36 (1971), pp. 117-126.
- Samsó, Julio, “À propos de quelques manuscrits astronomiques des bibliothèques de Tunis: contribution à une étude de l’astrolabe dans l’Espagne musulmane”, en *Actas del II Coloquio Hispano-Tunecino*, Madrid-Barcelona, Instituto Hispano-Árabe de Cultura, 1972, pp. 171-190.
- Samsó, Julio, *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*, segunda edición con *addenda* y *corrigenda* a cargo de Julio Samsó y Miquel Forcada, Roquetas, Fundación Ibn Tufayl de Estudios Árabes, 2011.
- Samsó, Julio y Català, María Asunción, “Un instrumento astronómico de raigambre *zarqālī*: el cuadrante *shakkāzī* de Ibn Ṭībugā”, *Memorias de la Real Aca-*

demia de Buenas Letras de Barcelona, Barcelona, Reial Acadèmia de Bones Lletres, 1971-1975, pp. 5-31.

Viguera, María Jesús, (coord.), *Ibn Jaldún. El mediterráneo en el siglo XIV. Auge y declive de los imperios*, catálogo de la exposición en el Real Alcázar de Sevilla (mayo-septiembre de 2006), Sevilla, Fundación El Legado Andalusí, 2006.

Recibido: 20/12/2018

Aceptado: 17/03/2020

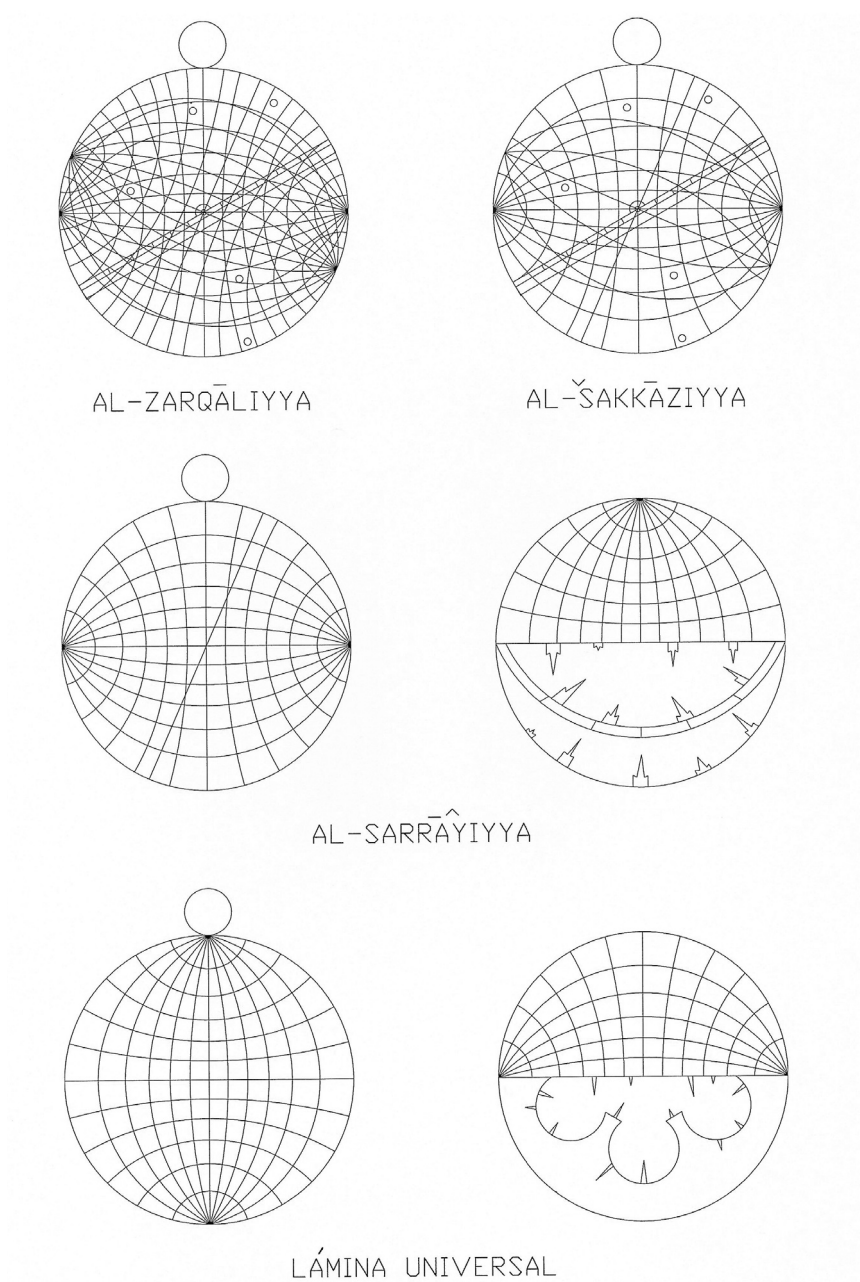


Figura 1

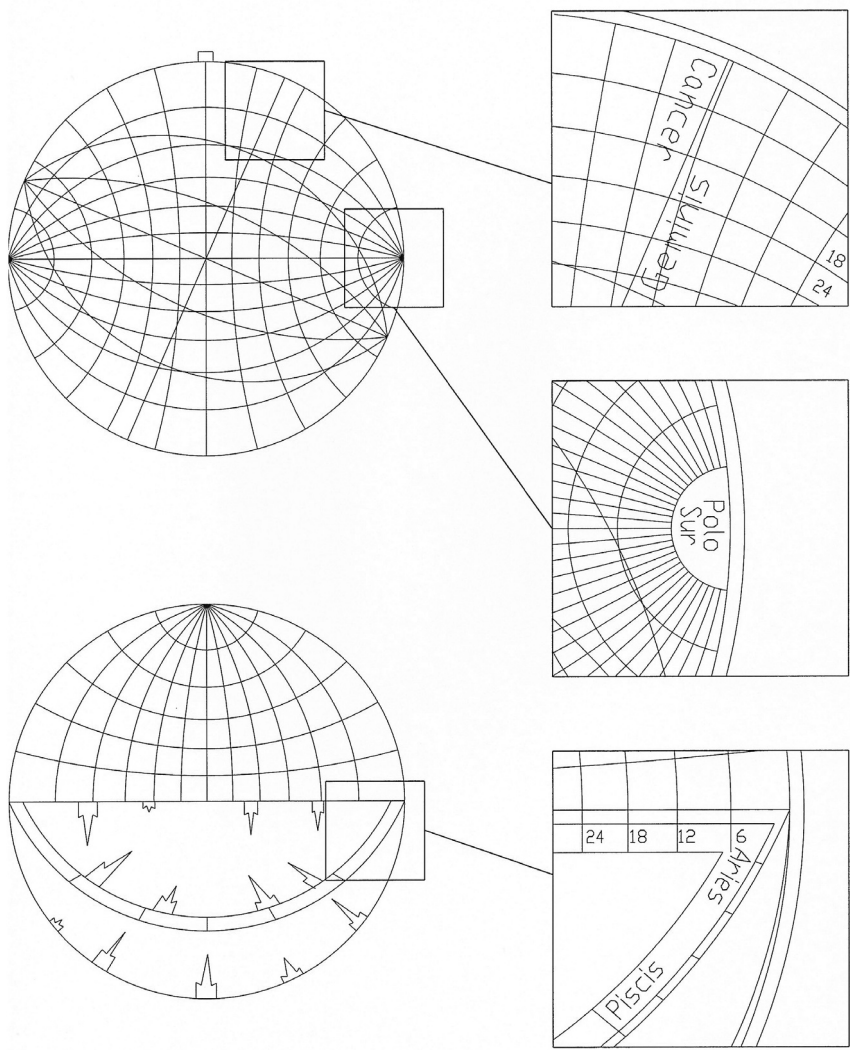


Figura 2